

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380014

研究課題名(和文) 湿害に強い大豆遺伝資源「植系32号」の耐湿性機作解明

研究課題名(英文) Mechanism of waterlogging tolerance of high tolerant soybean variety - "Shoku-kei32"

研究代表者

鴻坂 扶美子 (Kousaka, Fumiko)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・その他部局等・研究員

研究者番号：30462394

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円、(間接経費) 4,230,000円

研究成果の概要(和文)：ダイズ遺伝資源「植系32号」は開花期の湛水処理に対し、卓越した耐湿性を示す。この遺伝資源について、耐湿性弱の品種と比較しながら耐湿性機作の一つと考えられる根系組織への通気能について調査を行った。湛水処理圃場において、根の活性の指標である出液速度に品種間差が認められた処理開始後3日後においては、根系組織に、シュノーケルの役割を果たす二次通気組織の形成はほとんど認められなかった。また、重酸素によるトレーサー試験の結果から、地上部から地下部への酸素供給はされていなかった。そのため、処理開始後数日の短期的な湛水に対する応答反応として、酸素輸送以外の生理的な機作が働くことが推察された。

研究成果の概要(英文)：The soybean variety "Shoku-kei32(S32)" was highly tolerant to soil flooding. The objective is to observe the response of S32 to flooding, especially its O<sub>2</sub> suppliability to roots, compared with susceptible variety "Toyoharuka (T)". These varieties were treated with flooding in the field after anthesis. After treatment for 3 days, the bleeding xylem sap ratio of S32 was slightly declined, whereas the value of T declined sharply. Secondary aerenchyma was scarcely observed in flooded tissue sections, both from S32 and T. And then, shoot of S32 were exposed to oxygen-18 in flooded pot for 1 h, to investigate the possibility that there are shoot to root O<sub>2</sub> supply systems for respiration. Although enrichment of 18O-labelled water wasn't shown in roots, significant enrichment was shown in shoots, suggesting that there is no prominent O<sub>2</sub> supply from shoots to roots, via neither aerenchymatous nor non-aerenchymatous system.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：作物学・雑草学

キーワード：ダイズ 湿害 耐湿性 通気組織 品種間差

1. 研究開始当初の背景

過剰な土壌水分は大豆の生育にとって大きな阻害要因であり、収量低下につながるため、多湿な気候である日本では湿害に強い大豆品種の開発が必要である。北海道では、大豆の開花期以降(生育後半)にあたる7月中旬以降の降水量が多く、湿害リスクが高い。そのため代表者は、灌漑排水設備を有する検定圃を北海道内に設置し、湛水処理による地上部の障害から生育中後期の耐湿性を評価する検定法を開発した。その手法により、代表者は、前述の検定圃に供試した中から、大豆遺伝資源「植系 32 号」が卓越した耐湿性を示すことを見いだした。これは、代表者が所属する道総研中央農試において耐病性導入を目的に育成した中間母本であり、既往の知見の中で比較的耐湿性に強いとされてきた「ゲデンシラズ1号」より更に萎凋程度が小さく、湛水土壌において不定根を著しく発達させるなど卓越した耐湿性を有すると考えられる。この「植系 32 号」の耐湿性機作を解明し、要因を細分化した上で検定を行うことにより、クラシカルな手法では難しい精密な遺伝解析などの研究手法が可能になる。

2. 研究の目的

既往の作物耐湿性研究の知見より、「植系 32 号」の耐湿性の機作として考えられる次の項目について、耐湿性に弱い「トヨハルカ」と比較することによって解析する。

(1)根組織への通気能、根の還元物質への耐性

分担者(島村聡)は、湛水条件下の大豆はコルク形成層から茎、不定根、一部の主根および根粒に二次通気組織が形成され、大気中の酸素を取り込んで根系に供給し、シュノーケルのような役割を果たしていることを明らかにした。「植系 32 号」は、湛水条件下で二次通気組織を早く形成し、根系全体に酸素を供給する能力が高い可能性がある。また、多湿土壌では還元により有毒な二価鉄、マンガ、有機酸等の還元物質が発生し、根に障害を与える。代表者は「植系 32 号」は湛水圃場での主根系の障害が軽いことを観察している。そこで、「植系 32 号」は根の根圏酸化力が高く、還元物質を酸化により無毒化し、生成を防いでいる可能性がある。

(2)不定根形成による過湿土壌への適応

代表者は、「植系 32 号」は湛水処理した圃場において、酸素の多い地表付近に著しく不定根を形成することを観察している。「植系 32 号」は不定根の形成が早く、その程度が大きいことにより、主根系の機能低下をカバーしている可能性がある。

(3)短期間の湛水に対する根粒の耐性

二次通気組織形成にはある程度の時間を要するため、「植系 32 号」の根粒は、短期間の湛水に対する耐性を持っている可能性がある。そのため、湛水開始から二次通気組織

形成までの短期間における根粒の応答反応について調査する。

3. 研究の方法

(1)根組織への通気能、根の還元物質への耐性

道総研中央農試のかんがい排水設備を有する転換畑(北海道岩見沢市、泥炭土、3年輪作)に両品種を栽植した(2011及び2013、6月上旬播種)。湛水処理は、試験区の周囲に巾30cm、深さ30cmの額縁明渠を設置、開花期以降に明渠に水を通し、大豆の株元が2-3cm浸水する程度に湛水処理を行った(7月下旬以降)。根の活性を午前中の出液速度を計ることによりモニターした。出液を測定した個体を掘り上げ、光学顕微鏡で茎及び根の基部を観察した。また、子葉節より下の組織の気相率をアルキメデスの法則により測定した(2013)。

東北農研におけるポット試験において、茎葉部を3L容のナイロン-ポリエチレン袋で覆い、重酸素混合ガス(酸素20%(18097atom%以上)、窒素80%)を2.5L充填して暴露し、重酸素を用いたトレーサー試験を行った(2012)。

(2)不定根形成による過湿土壌への適応

本項目については、後述するように耐湿性の差が不定根形成以前に現れることが明らかになったことから、調査対象から外した。

(3)短期間の湛水に対する根粒の耐性

中央農総研の恒温室内においてバ<sup>レ</sup>-ミキュイト・シリカド<sup>ト</sup>を充填した1/10000aポットに1本立て栽植した(2012年、5月8日播種)。根粒菌培養液(108mol)を接種した。短期的湛水処理は開花後実施した。処理期間は3日間であった。その後、通気型<sup>7</sup>ル<sup>1</sup>還元測定システムを用いて、根粒窒素固定能(ARA)を測定した(2012)。

4. 研究成果

(1)根組織への通気能、根の還元物質への耐性

湛水処理圃場における根の活性を出液速度によりモニターした結果、「トヨハルカ」は処理開始後2日目には根の活性が低下したのに対し、「植系 32 号」は大きな低下はなく、処理開始後早い時点で品種間差が認められた(図1)。また、処理開始後4日目に両品種の茎及び根の基部組織における通気組織形成の観察、気相率の測定を行った結果、通気組織の形成、気相率の上昇ともに認められなかった(図2、写真1)。

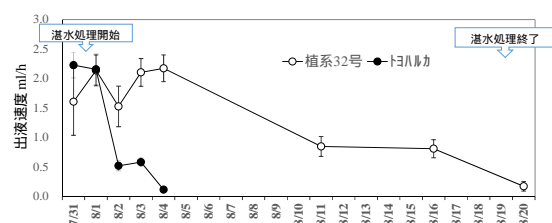


図1 湛水処理圃場における出液速度の変化(2013).

\*エラーバーは標準誤差(n=5).

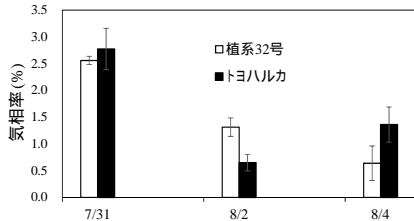


図2 湛水処理による組織内の気相率の変化 (2013).  
\*湛水処理圃場から採種した3個体の、子葉節より下の組織について調査した。気相はアルキメデスの法則により測定した。17-H-は標準誤差 (n=3)。

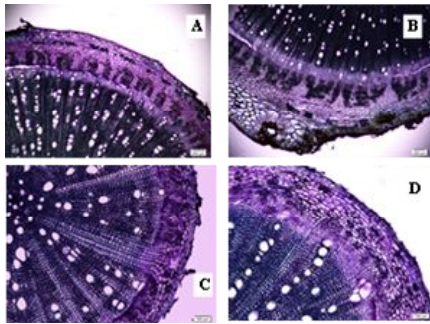


写真1. 湛水処理を行った茎及び根基部の横断面  
A,C: 植系32号, B,D: トヨハルカ  
A,B: 茎基部 B,D: 根基部 (8/4, 処理開始後4日目)

重酸素を用いたトレーサー試験 (図3) の結果、水の重酸素の割合 (Atom%) および標準平均海水 (VMSOW) の同位体比 (18O/16O) との差  $\delta^{18}\text{O-VMSOW}$  は1時間後には対照区、湛水区ともに茎葉で大きく増加したのに対して、根系では変動しなかった (図4)。このことから、地上部から根への酸素供給はされていないことが明らかになった。

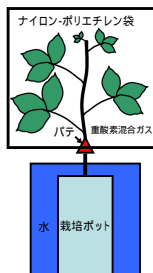


図3 重酸素暴露処理の概略図

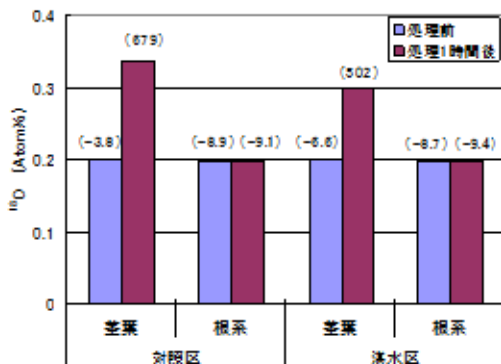


図4 茎葉および根系から抽出した水に含まれる重酸素の割合 ( ) の数値は  $^{18}\text{O-VMSOW}$  (‰) を示す。n=3。

以上により、「植系32号」の耐湿性機作は、根への酸素供給能や、それに由来する根圏酸化力ではないことが明らかになった。

(2) 不定根形成による過湿土壌への適応  
本項目については、(1)の結果から、耐湿性の差が不定根形成以前に現れることが明らかになったことから、調査対象から外した。

(3) 短期間の湛水に対する根粒の耐性  
3日間の短期的湛水によりARAはほぼ0まで低下し、その後の回復程度に若干品種間差が認められ、「植系32号」の方が回復程度がやや大きかった (図5)。このことは、短期的な湛水に対する応答反応に差があることを示唆している。

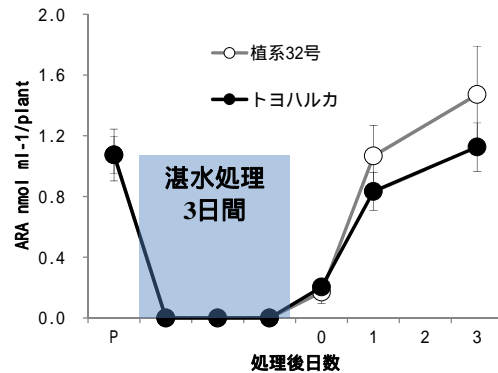


図5 湛水処理後のアセチレン還元能の推移  
エラーバーは標準誤差 (n=3)

(1)、(3)の結果から、湛水に対し短期的な応答反応に品種間差が認められるが、通気組織や地上部からの酸素供給はされておらず、酸素供給以外の生理的な反応が関与している可能性が高い。「植系32号」に関しては、耐湿性の機作と考えられた二次通期組織の形成は、短期的な湛水に対する応答反応の結果、二次的に現れる差であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

鴻坂扶美子、島村聡、中村卓司、平賀勲、前川富也、島田信二、藤田正平. 湿害に強いダイズ遺伝資源「植系32号」の湛水に対する応答反応. 日本作物学会 第235回講演会. 2013年3月28~29日. 明治大学学部.

Tomiya Maekawa, F.Kousaka and S.Shimada. The effects of short-term waterlogging on nodule nitrogen fixation in "Shoku-kei32", a tolerant variety of waterlogging stress. 18<sup>th</sup>

International Congress on Nitrogen Fixation.  
14<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> October 2013. Miyazaki, Japan.

Fumiko Kousaka, S. Shimamura, T. Nakamura,  
S. Hiraga, T. Maekawa, S. Shimada and S. Fujita.  
Response of soybean (*Glycine max*) waterlogging  
tolerant variety - “Shoku-kei32” to short-term  
soil flooding. International Society for Plant  
Anaerobiosis 11<sup>th</sup> conference. 6<sup>th</sup>-11<sup>th</sup> October  
2013. IRRI, Philippines.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

鴻坂 扶美子 (KOUSAKA, Fumiko)  
地方独立行政法人北海道立総合研究機構

研究者番号 : 30462394

### (2)研究分担者

島村 聡 (SHIMAMURA, Satoshi)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

研究者番号 : 00391441

前川 富也 (TOMIYA, Maekawa)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

研究者番号 : 40409090

平賀 勸 (HIRAGA, Susumu)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

研究者番号 : 30332472

中村 卓司 (TAKUJI, Nakamura)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

研究者番号 : 60399425

### (3)連携研究者

島田 信二 (SHIMADA, Shinji)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

研究者番号 : 30355309